(19) JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06232824 A**

(43) Date of publication of application: **19 . 08 . 94**

(51) Int. Cl **H04B 14/04**
G10L 3/02
G10L 9/16
H03M 7/30
// H04N 7/133

(21) Application number: **05019911**

(22) Date of filing: **08 . 02 . 93**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

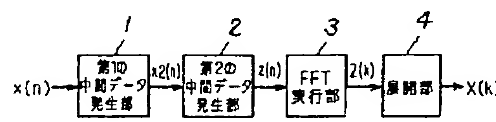
(72) Inventor: **NIKAIDO MASATAKA**
UENO TAKAFUMI
IZUMI TOMOAKI
KASAHARA TETSUSHI

(54) **CORRECTING DISCRETE COSINE TRANSFORMATION, INVERSE TRANSFORMING METHOD AND ITS DEVICE**

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a high-speed calculating method and its device for efficiently performing the calculation of MDCT in the case of compressing audio signals.

CONSTITUTION: This device is provided with a first intermediate data generating part 1 for providing first intermediate data x2(n) (O≦n≦M-1) from the combination of specified two points in input sample data x(n) (0≦n≦2M-1) of two M points, a second intermediate data generating part 2 for providing M/2 pieces of second intermediate data z(n) (0≦n≦M/2-1) by dividing the intermediate data x2(n) into the first half and the latter half, an FTT executing part 3 for providing M/2 pieces of Fourier coefficients Z(k) (0≦k≦M/2-1) by performing high-speed Fourier transformation to the second intermediate data z(n) and an extension part 4 for providing the even-numbered spectrum and odd-numbered spectrum of the input data x(n) from the output Z(k) of the FFT executing means.



CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The orthogonal transformation section which carries out orthogonal transformation of the N data divided into the aforementioned N band in the band synthesis VCF which inputs and carries out the band synthesis of the data divided into N band, and generates a 2N order vector (1), It considers as the block unit of processing of the 2N order vector changed by this orthogonal transformation section (1). The 1st, the 2nd memory section (2), and (3) which change the section by turns, carry out a store the first portion of this block unit, and the second half, and generate the following vector 2 MNs, respectively, this -- the 1st, the 2nd memory section (2), or (3) -- the band synthesis VCF characterized by having the data-processing section (4) in the memory section which carried out the store of the first portion of one present block which performs band synthesis 2 MNs using degree vector

[Translation done.]

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) **公開特許公報**（Ａ）　(11)特許出願公開番号

特開平6－232824

(43)公開日　平成６年(1994)８月19日

(51)Int.Cl.⁵		識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
Ｈ０４Ｂ	14/04	Z	4101－5K		
Ｇ１０Ｌ	3/02	A	8946－5H		
	9/16		8946－5H		
Ｈ０３Ｍ	7/30	A	8522－5Ｊ		
// Ｈ０４Ｎ	7/133	Z			

審査請求　未請求　請求項の数４　ＯＬ　（全 15 頁）

(21)出願番号　特願平5－19911

(22)出願日　平成５年(1993)２月８日

(71)出願人　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者　二階堂　正隆
大阪府門真市大字門真1006番地　松下電器産業株式会社内

(72)発明者　上野　孝文
大阪府門真市大字門真1006番地　松下電器産業株式会社内

(72)発明者　泉　智紹
大阪府門真市大字門真1006番地　松下電器産業株式会社内

(74)代理人　弁理士　小鍜治　明　（外２名）

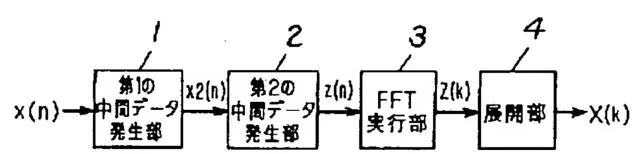
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　修正離散余弦変換とその逆変換方法及び装置

(57)【要約】

【目的】　オーディオ信号等の圧縮において、ＭＤＣＴの計算を効率よく行うための、高速計算方法とその装置を提供する。

【構成】　２Ｍ点の入力サンプルデータｘ（ｎ）（０≦ｎ≦２Ｍ－１）の、特定の２点どうしの組み合わせから第１の中間データｘ２（ｎ）（０≦ｎ≦Ｍ－１）を得る第１の中間データ発生部と、中間データｘ２（ｎ）を前半と後半に区分してＭ／２個の第２の中間データｚ（ｎ）（０≦ｎ≦Ｍ／２－１）を得る第２の中間データ発生部と、第２の中間データｚ（ｎ）に高速フーリエ変換を施してＭ／２個のフーリエ係数Ｚ（ｋ）（０≦ｋ≦Ｍ／２－１）を得るＦＦＴ実行部と、ＦＦＴ実行手段の出力Ｚ（ｋ）から入力データｘ（ｎ）の偶数番目のスペクトルと奇数番目のスペクトルとを得る展開部とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項１】　２Ｍ点の入力サンプルデータｘ（ｎ）（０≦ｎ≦２Ｍ－１）の、特定の２点どうしの組み合わせを加算または減算し、或いは負号反転して、Ｍ点の第１の中間データｘ２（ｎ）（０≦ｎ≦Ｍ－１）を得る第１の中間データ発生部と、上記中間データｘ２（ｎ）を前半と後半に区分し、前半のｘ２（ｎ）を実数部とすると同時に後半のｘ２（ｎ＋Ｍ／２）の負号を反転して虚数部とし、更にｅｘｐ（－ｊπｎ／Ｍ）をかけ算して、Ｍ／２個の第２の中間データｚ（ｎ）（０≦ｎ≦Ｍ／２－１）を得る第２の中間データ発生部と、上記第２の中間データｚ（ｎ）に高速フーリエ変換を施してＭ／２個のフーリエ係数Ｚ（ｋ）（０≦ｋ≦Ｍ／２－１）を得るＦＦＴ実行部と、ＦＦＴ実行手段の出力Ｚ（ｋ）と、それに対応する所定の回転要素との乗算結果の実数部を求めることで、入力データｘ（ｎ）の偶数番目のスペクトルを得、また、ＦＦＴ実行手段の出力Ｚ（ｋ）の共役複素数Ｚ*（Ｍ／２－１－ｋ）と、それに対応する所定の回転要素との乗算結果の実数部を求めることで、入力データｘ（ｎ）の奇数番目のスペクトルを出力する展開部とを備えてなる修正余弦変換装置。

【請求項２】　Ｍ個の入力スペクトルデータＸ（ｋ）（０≦ｋ≦Ｍ－１）の、偶数番目のデータをＭ個の第１の中間データＵ（ｋ）（０≦ｋ≦Ｍ－１）の前半（０≦ｋ≦Ｍ／２－１）に配置し、奇数番目のデータを負号反転し、更に順序を反転した後、前記第１の中間データＵ（ｋ）の後半（Ｍ／２≦ｋ≦Ｍ－１）に配置する第１の中間データ発生部と、前記第１の中間データＵ（ｋ）を前半と後半に区分し、前半のＵ（ｋ）を実数部とすると同時に後半のＵ（ｋ＋Ｍ／２）の負号を反転して虚数部とし、更にｅｘｐ（－ｊπｋ／Ｍ）をかけ算して、Ｍ／２個の第２の中間データＺ（ｋ）（０≦ｋ≦Ｍ／２－１）を得る第２の中間データ発生部と、上記第２の中間データＺ（ｋ）に高速フーリエ変換を施してＭ／２個のフーリエ係数ｚ（ｎ）（０≦ｎ≦Ｍ／２－１）を得るＦＦＴ実行部と、ＦＦＴ実行手段の出力ｚ（ｎ）と、それに対応する所定の回転要素ｅｘｐ（－ｊπ（２ｎ＋１／２）／２Ｍ）との乗算結果の実数部を求めることで、第３の中間データｙ１（ｎ）の偶数番目の値を得、また、ＦＦＴ実行手段の出力ｚ（Ｍ／２－１－ｎ）の共役複素数ｚ*（Ｍ／２－１－ｎ）と、それに対応する所定の回転要素ｅｘｐ（－ｊπ・（２ｎ＋３／２）／２Ｍ）との乗算結果の実数部を求めることで、第３の中間データｙ１（ｎ）の奇数番目の値を得る第３の中間データ発生部と、前記第３の中間データを２度ずつ使用して所定の順序に並べ、或いは負号反転する展開部とを備えてなる修正余弦変換の逆変換装置。

【請求項３】　修正離散余弦変換（ＭＤＣＴと略す）の計算において、つぎの各ステップを実行することにより該変換を行うことを特徴とした修正離散余弦変換方法。

【数１】

ステップ１：２Ｍ個の入力サンプルデータｘ（ｎ）（０≦ｎ≦２Ｍ－１）より、次式を計算しｘ２（ｎ）を求める。

$$x2(n)=\begin{cases}-x(3M/2+2n)-x(3M/2-1-2n) & (0\le n\le M/4-1)\\ x(2n-M/2)-x(3M/2-1-2n) & (M/4\le n\le 3M/4-1)\\ x(2n-M/2)-x(7M/2-1-2n) & (3M/4\le n\le M-1)\end{cases}$$

ステップ２：ステップ１で求めたｘ２（ｎ）から次式を計算し、Ｚ（ｎ）を求める。（但しｊ＝$\sqrt{-1}$である）

$$z(n)=[x2(n)-jx2(n+M/2)]\cdot\exp[-j\frac{\pi n}{M}]\quad(0\le n\le M/2-1)$$

ステップ３：ステップ２で求めたｚ（ｎ）に対して、次式に示す離散フーリエ変換を高速フーリエ変換アルゴリズムを用いて計算し、Ｚ（ｋ）を求める。

$$Z(k)=\sum_{n=0}^{M/2-1}z(n)\exp(-j\frac{2\pi kn}{M/2})\quad(0\le k\le M/2-1)$$

ステップ４：ステップ３で求めたＺ（ｋ）から、次式を計算してＸ（ｋ）を求め、ＭＤＣＴの変換結果とする。（但しＲｅ［ｘ］はｘの実数部を表し、＊は複素共役を表す）

$$X(2k)=\frac{2}{M}\mathrm{Re}[\exp(-j\frac{\pi(2k+1/2)}{2M})\cdot Z(k)]$$

$$X(2k+1)=\frac{2}{M}\mathrm{Re}[\exp(-j\frac{\pi(2k+3/2)}{2M})\cdot Z^{*}(M/2-1-k)]$$

【請求項４】　修正離散余弦変換（ＭＤＣＴと略す）の逆変換計算において、つぎの各ステップを実行することにより該逆変換を行うことを特徴とした修正離散余弦変換の逆変換方法。

【数２】

ステップ１：Ｍ個のスペクトルＸ（ｋ）から次式を計算して中間データＵ（ｋ）を求める。

$$U(k) = \begin{cases} X(2k) & (0 \leq k \leq M/2-1) \\ -X(2M-1-2k) & (M/2 \leq k \leq M-1) \end{cases}$$

ステップ２：ステップ１で求めたＵ（ｋ）から、次式を計算してＺ（ｋ）を求める。

$$Z(k) = [U(k)-jU(k+M/2)]\cdot\exp[-j\frac{\pi k}{M}] \quad (0 \leq k \leq M/2-1)$$

ステップ３：Ｚ（ｋ）に対して次式に示す離散フーリエ変換を高速フーリエ変換アルゴリズムを用いて計算しｚ（ｎ）を求める。

$$z(n) = \sum_{n=0}^{M/2-1} Z(k)\exp(-j\frac{2\pi nk}{M/2})$$

ステップ４：ｚ（ｎ）から次式を計算して中間データｙ１（ｎ）を求める。（但しＲｅ［ｘ］はｘの実数部を表し、＊は複素共役を表す）

$0 \leq n \leq M-1$ に対して

$$y1(2n) = \mathrm{Re}\,[\exp\{-j\frac{\pi(2n+1/2)}{2M}\}\,z(n)]$$

$$y1(2n+1) = \mathrm{Re}\,[\exp\{-j\frac{\pi(2n+3/2)}{2M}\}\,z^*(M/2-1-n)]$$

ステップ５：ｙ１（ｎ）から、次式を計算してｙ（ｎ）を求め、ＭＤＣＴの逆変換結果とする。

$$y(n) = \begin{cases} -y1(n-3M/2) & (3M/2 \leq n \leq 2M-1) \\ -y1(3M/2-1-n) & (M/2 \leq n \leq 3M/2-1) \\ y1(n+M/2) & (0 \leq n \leq M/2-1) \end{cases}$$

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明はオーディオ信号等の圧縮符号化において用いられる変換符号化の高速計算方法及び装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】近年、ディジタルオーディオ信号の情報量を、人の聴覚特性を積極的に利用して圧縮し、伝送または記録再生する装置が提案されている。これらの装置においては、ディジタルオーディオ信号を帯域分割フィルタを用いるか、または直交変換を用いて、いくつかの周波数成分に分割する。分割した信号毎に、オーディオ信号の成分の遍在に応じて、また聴覚の特性を考慮して情報量の割当を決定していく。このようにすることで、情報量の効率的な配分が可能となり、結果として、情報量の圧縮が達成される。

【０００３】オーディオ信号の圧縮に適した直交変換として、修正離散余弦変換（以下、ＭＤＣＴと略す）が提案されている。ＭＤＣＴについては、アイトリプルイー・トランザクションズ・オン・エイエスエスピー（ＩＥＥＥ　ＴＲＡＮＳＡＣＴＩＯＮＳ　ＯＮ　ＡＳＳＰ）第３４巻５号の、第１１５３ページから第１１６１ページに掲載された、ジョン・ピー・プリンセンとアレン・ベルナード・ブラッドリー共著の論文「時間領域のエリアジングキャンセレーションを基礎にした分析／合成フィルタバンク設計」に詳しい。

【０００４】ＭＤＣＴの順変換式はつぎのように表現される。ここで、ｘ（ｋ）はＭＤＣＴのｋ番目のスペクトル、ｘ（ｎ）はＭＤＣＴのｎ番目の入力サンプルである。

【０００５】

【数３】

$$X(k)=\frac{2}{M}\sum_{n=0}^{2M-1}x(n)\cos\frac{\pi(k+1/2)(n+M/2+1/2)}{M}\qquad(0\leqq k\leqq M-1)$$

【０００６】従ってＸ（ｋ）は、入力サンプルからなるベクトルＸ（ｎ）とコサイン係数マトリクスとのマトリクス乗算によって求めることができる。M個のＸ（ｋ）を求めるには、２M^2回の乗算とM×（２M－１）回の加算が必要となる。

【０００７】また、ＭＤＣＴの逆変換式はつぎのように表現される。但し、Ｘ（ｋ）はＭＤＣＴのスペクトルであり、ｙ（ｎ）は変換によって得られたサンプル列である。

【０００８】

【数４】

$$y(n)=\sum_{k=0}^{M-1}X(k)\cos\frac{\pi(k+1/2)(n+M/2+1/2)}{M}\qquad(0\leqq n\leqq 2M-1)$$

【０００９】この式は順変換と同じ形をしており、２M個のｙ（ｎ）を求めるには、やはり２M^2回の乗算と、２M×（M－１）回の加算が必要となる。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】（数３）において、例えばMが２５６とすれば、ＭＤＣＴ順変換に要する乗算回数は１３１０７２回、加算回数は１３０８１６回となり、膨大な計算が必要であることがわかる。この数はMが増えるとMの２乗に比例して増え、オーディオ機器において半導体回路でたやすく実行するには、演算回数が多すぎ、結果として装置のコストアップや、装置消費電力の増大を招来するといった不都合があった。

【００１１】

【課題を解決するための手段】本発明はかかる不都合に鑑みてなされたものであり、下記のように構成することで効率的にＭＤＣＴ計算を行うようにしている。即ち、２M点の入力サンプルデータｘ（ｎ）（０≦ｎ≦２M－１）の、特定の２点どうしの組み合わせを加算または減算し、或いは負号反転して、M点の第１の中間データｘ２（ｎ）（０≦ｎ≦M－１）を得る第１の中間データ発生部と、上記中間データｘ２（ｎ）を前半と後半に区分し、前半のｘ２（ｎ）を実数部とすると同時に後半のｘ２（ｎ＋M／２）の負号を反転して虚数部とし、更にｅｘｐ（－ｊπｎ／M）をかけ算して、M／２個の第２の中間データｚ（ｎ）（０≦ｎ≦M／２－１）を得る第２の中間データ発生部と、上記第２の中間データｚ（ｎ）に高速フーリエ変換を施してM／２個のフーリエ係数Ｚ（ｋ）（０≦ｋ≦M／２－１）を得るＦＦＴ実行部と、ＦＦＴ実行手段の出力Ｚ（ｋ）と、それに対応する所定の回転要素との乗算結果の実数部を求めることで、入力データｘ（ｎ）の偶数番目のスペクトルを得、また、ＦＦＴ実行手段の出力Ｚ（ｋ）の共役複素数Z^2（M／２－１－ｋ）と、それに対応する所定の回転要素との乗算結果の実数部を求めることで、入力データｘ（ｎ）の奇数番目のスペクトルを出力する展開部とを備えている。

【００１２】また、ＭＤＣＴの逆変換計算を行うには、下記のように構成している。即ち、M個の入力スペクトルデータＸ（ｋ）（０≦ｋ≦M－１）の、偶数番目のデータをM個の第１の中間データＵ（ｋ）（０≦ｋ≦M－１）の前半（０≦ｋ≦M／２－１）に配置し、奇数番目のデータを負号反転し、更に順序を反転した後、前記第１の中間データＵ（ｋ）の後半（M／２≦ｋ≦M－１）に配置する第１の中間データ発生部と、前記第１の中間データＵ（ｋ）を前半と後半に区分し、前半のＵ（ｋ）を実数部とすると同時に後半のＵ（ｋ＋M／２）の負号を反転して虚数部とし、更にｅｘｐ（－ｊπｋ／M）をかけ算して、M／２個の第２の中間データＺ（ｋ）（０≦ｋ≦M／２－１）を得る第２の中間データ発生部と、上記第２の中間データＺ（ｋ）に高速フーリエ変換を施してM／２個のフーリエ係数ｚ（ｎ）（０≦ｎ≦M／２－１）を得るＦＦＴ実行部と、ＦＦＴ実行手段の出力ｚ（ｎ）と、それに対応する所定の回転要素ｅｘｐ（－ｊπ（２ｎ＋１／２）／２M）との乗算結果の実数部を求めることで、第３の中間データｙ１（ｎ）の偶数番目の値を得、また、ＦＦＴ実行手段の出力ｚ（M／２－１－ｎ）の共役複素数z^2（M／２－１－ｎ）と、それに対応する所定の回転要素ｅｘｐ（－ｊπ・（２ｎ＋３／２）／２M）との乗算結果の実数部を求めることで、第３の中間データｙ１（ｎ）の奇数番目の値を得る第３の中間データ発生部と、前記第３の中間データを２度ずつ使用して所定の順序に並べ、或いは負号反転する展開部とを備えているのである。

【００１３】

【作用】本発明の構成によれば、ＭＤＣＴの順変換及び逆変換の計算において、ベクトルｘ（ｎ）やベクトルＸ（ｋ）とコサイン係数マトリクスとのマトリクス乗算を実行する代わりに、余弦関数の対称性を巧妙に利用して、高速フーリエ変換のアルゴリズムが利用できるように計算手順を構成し、さらに高速フーリエ変換に供されるサンプルの数も半減しているので、計算手順を大幅に効率化することができる。

【００１４】

【実施例】始めにＭＤＣＴの順変換に対する高速計算法を説明する。ＭＤＣＴの定義式は次式で表現できる。ここに、ｘ（ｎ）は入力サンプル、Ｘ（ｋ）はｋ番目のスペクトルである。

【0015】

【数5】

$$X(k) = \frac{2}{M}\sum_{n=0}^{2M-1} x(n)\cos\frac{\pi(k+1/2)(n+M/2+1/2)}{M} \qquad (0 \le k \le M-1)$$

【0016】図1は本発明によるMDCT順変換の高速計算法の流れを示している。図1のステップ1では、次式に従ってx(n)からx2(n)を求めている。

【0017】

【数6】

$$x2(n) = \begin{cases} -x(3M/2+2n)-x(3M/2-1-2n) & (0 \le n \le M/4-1) \\ x(2n-M/2)-x(3M/2-1-2n) & (M/4 \le n \le 3M/4-1) \\ x(2n-M/2)+x(7M/2-1-2n) & (3M/4 \le n \le M-1) \end{cases}$$

【0018】このことについて説明する。まず、コサインの対称性を利用するためにx(n)の順序及び負号を変換して、次式のようにx1(n)を定義する。

【0019】

【数7】

$$x1(n) = \begin{cases} -x(3M/2+1) & (0 \le n \le M/2-1) \\ x(n-M/2) & (M/2 \le n \le 2M-1) \end{cases}$$

【0020】このx1(n)を用いて(数3)を書き直すと次式となる。

【0021】

【数8】

$$X(k) = \frac{2}{M}\sum_{n=0}^{2M-1} x1(n)\cos\frac{\pi(k+1/2)(n+1/2)}{M} \qquad (0 \le k \le M-1)$$

【0022】ここで(数7)の操作は図3のように表せる。図3では数列x(n)を4つの部分に分割している。Aの部分はx(n)の0≦n≦M/2－1の部分であり、BはM/2≦n≦M－1の部分であり、CはM≦n≦3M/2－1の部分であり、Dは3M/2≦n≦2M－1の部分である。(数7)では、図3のABCの部分はM/2サンプル分後ろへシフトする。また、x(n)のDの部分は負号反転して、x(n)の先頭に配置する。このようにすることによって、(数5)のコサイン項の中のM/2を消去している。つぎにコサイン関数の対称性により(数8)を書き換えて、

【0023】

【数9】

$$\begin{aligned} X(k) &= \frac{2}{M}\sum_{n=0}^{M-1}\{x1(2n)\cos\frac{\pi(k+1/2)(2n+1/2)}{M} \\ &\quad + x1(2M-1-2n)\cos\frac{\pi(k+1/2)(2M-1-2n+1/2)}{M}\} \\ &= \frac{2}{M}\sum_{n=0}^{M-1}\{x1(2n)\cos\frac{\pi(k+1/2)(2n+1/2)}{M} \\ &\quad - x1(2M-1-2n)\cos\frac{\pi(k+1/2)(2n+1/2)}{M} \end{aligned}$$

$$(0 \le k \le M-1)$$

【0024】ここで、

【0025】

【数10】

$$x2(n) = x1(2n)-x1(2M-1-2n)$$

【0026】としてまとめると、

【0027】

【数11】

$$X(k)=\frac{2}{M}\sum_{n=0}^{M-1}x2(n)\cos\frac{\pi(k+1/2)(2n+1/2)}{M}$$
$$=\frac{2}{M}\ \mathrm{Re}\ [\sum_{n=0}^{M-1}x2(n)\exp(-j\frac{\pi(k+1/2)(2n+1/2)}{M})]$$
$$=\frac{2}{M}\ \mathrm{Re}\ [\exp(-j\frac{\pi(k+1/2)}{2M})\sum_{n=0}^{M-1}x2(n)\exp(-j\frac{2\pi(k+1/2)n}{M})]$$

【0028】と表すことができる。但しRe［x］はxの実数部を意味する。ここで（数7）と（数10）をまとめることにより、図4に示すように（数6）が導かれる。図4ではnの各区間毎にx1（2n）と、x1（2M－1－2n）が示されており、各区間毎に、x2（n）＝x1（2n）－x1（2M－1－2n）が示されている。例えば、nが0≦n≦M／4－1の範囲であれば、x1（2n）＝－x（3M／2＋2n）であり、x1（2M－1－2n）＝x（3M／2－1－2n）であるので、x2（n）＝x1（2n）－x1（2M－1－2n）＝－x（3M／2＋2n）－x（3M／2－1－2n）である。

【0029】つぎに、（数11）の累和Σに続く項をX2（k）とすると、

【0030】

【数12】

$$X2(k)=\sum_{n=0}^{M-1}x2(n)\exp\{-j\frac{2\pi(k+1/2)n}{M}\}$$

【0031】累和の範囲n＝0～M－1を、n＝0～M／2－1とn＝M／2～M－1とに分割して書き直し、更にkを2kに置き換えて、

【0032】

【数13】

$$X2(2k)=\sum_{n=0}^{M/2-1}x2(n)\exp\{-j\frac{2\pi(2k+1/2)n}{M}\}+\sum_{n=M/2}^{M-1}x2(n)\exp\{-j\frac{2\pi(2k+1/2)n}{M}\}$$
$$=\sum_{n=0}^{M/2-1}x2(n)\exp\{-j\frac{2\pi(2k+1/2)n}{M}\}+\sum_{n=0}^{M/2-1}x2(n+M/2)\exp\{-j\frac{2\pi(2k+1/2)(n+M/2)}{M}\}$$
$$=\sum_{n=0}^{M/2-1}\{[x2(n)-jx2(n+M/2)]\ \exp(-j\frac{2\pi n}{2M})\}\ \exp(-j\frac{2\pi kn}{M/2})$$

【0033】ここで、

【0034】

【数14】

$$Z(n)=[x2(n)-jx2(n+M/2)]\ \exp(-j\frac{2\pi n}{2M})$$

【0035】とおくと、X2（2k）は

【0036】

【数15】

$$X2(2k)=\sum_{n=0}^{M/2-1}z(n)\exp(-j\frac{2\pi kn}{M/2})$$
$$=\mathrm{DFT}\ [z(n)]$$
$$=Z(k)$$

【0037】と表せる。ここにDFT［x］はxの離散フーリエ変換である。従って、図1におけるステップ2では、ステップ1で求めたx2（n）から、複素数z（n）を求めている。そして続くステップ3では高速フーリエ変換のアルゴリズムを用いて、z（n）の離散フーリエ変換を実行してZ（k）を求めている。

【0038】また、X2（M－1－k）＝X2*（k）の関係より、X2（2k＋1）は次式より求められる。但し＊は複素共役を表す。

【0039】

【数16】

$$X2(2k+1)=X2^*[M-2(k+1)]=Z^*(M/2-1-k)$$

【0040】ここで、（数15），（数16）を用いて（数11）を書き改めると、

【0041】

【数17】

$$X(2k)=\frac{2}{M}\ \mathrm{Re}\ [\exp(-j\frac{\pi(2k+1/2)}{2M})\cdot Z(k)]$$

【0042】

【数18】

$$X(2k+1) = \frac{2}{M}\ \mathrm{Re}\ [\exp(-j\frac{\pi(2k+3/2)}{2M})\cdot Z^*(M/2-1-k)]$$

【0043】となり、図1ののステップ4によって、X（k）がZ（k）から求められる。以上をまとめると、MDCTは図1に示されるように、以下のステップで効率的に計算できる。

【0044】

【数19】

ステップ1：2M個の入力サンプルデータx（n）（0≦n≦2M－1）より、次式を計算しx2（n）を求める。

$$x2(n) = \begin{cases} -x(3M/2+2n)-x(3M/2-1-2n) & (0 \le n \le M/4-1) \\ x(2n-M/2)-x(3M/2-1-2n) & (M/4 \le n \le 3M/4-1) \\ x(2n-M/2)-x(7M/2-1-2n) & (3M/4 \le n \le M-1) \end{cases}$$

ステップ2：ステップ1で求めたx2（n）から次式を計算し、Z（n）を求める。（但し $j=\sqrt{-1}$ である）

$$z(n) = [x2(n)-jx2(n+M/2)]\cdot\exp[-j\frac{\pi n}{M}] \quad (0 \le n \le M/2-1)$$

ステップ3：ステップ2で求めたz（n）に対して、次式に示す離散フーリエ変換を高速フーリエ変換アルゴリズムを用いて計算し、Z（k）を求める。

$$Z(k) = \sum_{n=0}^{M/2-1} z(n)\exp(-j\frac{2\pi kn}{M/2}) \qquad (0 \le k \le M/2-1)$$

ステップ4：ステップ3で求めたZ（k）から、次式を計算してX（k）を求め、MDCTの変換結果とする。（但しRe［x］はxの実数部、Im［x］はxの虚数部を表し、＊は複素共役を表す）

$$X(2k) = \frac{2}{M}\mathrm{Re}\,[\exp\{-j\frac{\pi(2k+1/2)}{2M}\}\ Z(k)]$$

$$= \frac{2}{M}A0(k)\cdot\mathrm{Re}\ [Z(k)] + \frac{2}{M}A1(k)\cdot\mathrm{Im}\ [Z(k)]$$

$$X(2k+1) = \frac{2}{M}\mathrm{Re}\,[\exp\{-j\frac{\pi(2k+3/2)}{2M}\}\ Z^*(M/2-1-k)]$$

$$= \frac{2}{M}A2(k)\cdot\mathrm{Re}\ [Z(M/2-1-k)] - \frac{2}{M}A3(k)\cdot\mathrm{Im}[Z(M/2-1-k)]$$

ここに、

$$A0(k) = \cos\frac{2\pi(4k+1)}{8M}, \quad A1(k) = \sin\frac{2\pi(4k+1)}{8M}$$

$$A2(k) = \cos\frac{2\pi(4k+3)}{8M}, \quad A3(k) = \sin\frac{2\pi(4k+3)}{8M}$$

$$k = 0,\ 1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ M/2-1.$$

【0045】図6は、図1に示したMDCTの順変換のステップを実行する装置のブロック図である。図6において第1の中間データ発生部1は、入力データx（n）から、（数6）のようなx2（n）を計算して出力す

る。第２の中間データ発生部２は第１の中間データ発生部１の出力したｘ２（ｎ）から（数１４）を計算してｚ（ｎ）を出力する。ＦＦＴ実行部３は、第２の中間データ発生部２の出力したｚ（ｎ）に対して高速フーリエ変換を実行して結果をＺ（ｋ）として出力する。展開部４はＦＦＴ実行部３の出力Ｚ（ｋ）から、（数１７）及び（数１８）に従ってＸ（ｋ）を計算する。この展開部４の出力を入力ｘ（ｎ）のＭＤＣＴとしているのである。

【００４６】つぎに、ＭＤＣＴの逆変換について説明する。逆変換も、先に述べた順変換と類似の手順で計算することができる。ＭＤＣＴの逆変換は次式で表される。但し、Ｘ（ｋ）はＭＤＣＴのスペクトルであり、ｙ（ｎ）は変換によって得られたサンプル列である。

【００４７】

【数２０】

$$y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} X(k)\cos\frac{\pi(k+1/2)(n+M/2+1/2)}{M} \qquad (0 \leq n \leq 2M-1)$$

【００４８】コサイン関数の対称性を利用するために、ｙ１（ｎ）をつぎのように定義する。

【００４９】

【数２１】

$$y1(n) = \begin{cases} -y(n+3M/2) & (0 \leqq n \leqq M/2-1) \\ y(n-M/2) & (M/2 \leqq n \leqq 2M-1) \end{cases}$$

【００５０】（数１６）より、ｙ１（ｎ）はつぎのように表現できる。

【００５１】

【数２２】

$$y1(n) = \sum_{k=0}^{M-1} X(k)\cos\frac{\pi(k+1/2)(n+1/2)}{M} \qquad (0 \leq n \leq 2M-1)$$

【００５２】ここで、Ｕ（ｋ）を次式のように定義する。

【００５３】

【数２３】

$$U(k) = \begin{cases} X(2k) & (0 \leqq k \leqq M/2-1) \\ -X(2M-1-2k) & (M/2 \leqq k \leqq M-1) \end{cases}$$

【００５４】（数２３）を用いて（数２２）を書き直すと、

【００５５】

【数２４】

$$
\begin{aligned}
y1(n) &= \sum_{k=0}^{M/2-1} X(2k)\cos\frac{\pi(2k+1/2)(n+1/2)}{M} \\
&\quad - \sum_{k=M/2}^{M-1} X(2M-1-2k)\cos\frac{\pi(2M-2k-1/2)(n+1/2)}{M} \\
&= \sum_{k=0}^{M/2-1} U(k)\cos\frac{\pi(2k+1/2)(n+1/2)}{M} \\
&\quad - \sum_{k=M/2}^{M-1} U(k)\cos\frac{\pi(2M-2k-1/2)(n+1/2)}{M} \\
&= \sum_{k=0}^{M/2-1} U(k)\cos\frac{\pi(2k+1/2)(n+1/2)}{M} \\
&\quad + \sum_{k=M/2}^{M-1} (k)\cos\frac{\pi(2k+1/2)(n+1/2)}{M} \\
&= \sum_{k=0}^{M-1} U(k)\cos\frac{\pi(2k+1/2)(n+1/2)}{M} \\
&= \mathrm{Re}\left[\sum_{k=0}^{M-1} U(k)\exp\left\{-j\frac{\pi(2k+1/2)(n+1/2)}{M}\right\}\right] \\
&= \mathrm{Re}\left[\exp\left\{-j\frac{\pi(n+1/2)}{2M}\right\}\sum_{k=0}^{M-1} U(k)\exp\left\{-j\frac{2\pi(n+1/2)k}{M}\right\}\right]
\end{aligned}
$$

【0056】（数24）は、2／Mが掛けられていない以外は（数11）と同じ形をしている。従って、（数24）の計算は、（数11）を用いたＭＤＣＴの順変換と同様な計算手法を用いることができる。このとき（数20）で定義された２Ｍ個のＹ１（ｎ）のうち、０≦ｎ≦Ｍ－１のＭ個のみが求まるが、（数22）から、導かれるように、ｙ１（ｎ）＝－ｙ（２Ｍ－１－ｎ）なる関係があるので、図５に示すように、Ｍ≦ｎ≦２Ｍ－１のｙ１（ｎ）は、０≦ｎ≦Ｍ－１のｙ１（ｎ）より直ちに求められる。即ち図５のｙ１（ｎ）の０≦ｎ≦Ｍ－１にあるＡ，Ｂ，Ｃ，Ｄは、Ｍ≦ｎ≦２Ｍ－１に負号反転の後、複写され－Ｄ，－Ｃ，－Ｂ，－Ａとして求められる。故に、（数21）を考え合わせると、結局ｙ（ｎ）はｙ１（ｎ）からつぎのようにして求められる。即ち、

【0057】

【数25】

$0 \leq n \leq M/2-1$ に対しては

$y(n) = y1(M/2+n)$

また、$M/2 \leq n \leq 3M/2-1$ に対して

$$
\begin{aligned}
y(n) &= y1(M/2+n) \\
&= -y1(3M/2-1-n)
\end{aligned}
$$

また、$3M/2 \leq n \leq 2M-1$ に対して

$y(n) = -y1(n-3M/2)$

【0058】以上述べてきたことをまとめるとＭＤＣＴの逆変換は図２に示すように、つぎのステップで求めることができる。

【0059】

【数26】

ステップ１：Ｍ個のスペクトルＸ（ｋ）から次式を計算して中間データＵ（ｋ）を求める。

$$
U(k) = \begin{cases} X(2k) & (0 \leq k \leq M/2-1) \\ -X(2M-1-2k) & (M/2 \leq k \leq M-1) \end{cases}
$$

【0060】

【数27】

ステップ２：ステップ１で求めたＵ（ｋ）から、次式を計算してＺ（ｋ）を求める。

$$Z(k) = [U(k)-jU(k+M/2)]\cdot\exp[-j\frac{\pi k}{M}] \qquad (0 \leq k \leq M/2-1)$$

【００６１】

【数２８】

ステップ３：Ｚ（ｋ）に対して次式に示す離散フーリエ変換を高速フーリエ変換アルゴリズムを用いて計算しｚ（ｎ）を求める。

$$z(n) = \sum_{n=0}^{M/2-1} Z(k)\exp(-j\frac{2\pi nk}{M/2})$$

【００６２】

【数２９】

ステップ４：ｚ（ｎ）から次式を計算して中間データｙ１（ｎ）を求める。

（但しＲｅ［ｘ］はｘの実数部、Ｉｍ［ｘ］はｘの虚数部を表し、＊は複素共役を表す）

0 ≦ ｎ ≦ M-1の範囲において、

$$y1(2n) = \mathrm{Re}\ [\exp\ \{-j\frac{\pi(2n+1/2)}{2M}\}\ z(n)]$$

$$= a0(n)\cdot\mathrm{Re}\ [z(n)] + a1(n)\cdot\mathrm{Im}\ [z(n)]$$

$$y1(2n+1) = \mathrm{Re}\ [\exp\ \{-j\frac{\pi(2n+3/2)}{2M}\}\ z^{*}(M/2-1-n)]$$

$$= a2(n)\cdot\mathrm{Re}\ [z(M/2-1-n)] - a3(n)\cdot\mathrm{Im}\ [z(M/2-1-n)]$$

ここに、

$$a0(n) = \cos\frac{2\pi(4n+1)}{8M}, \quad a1(n) = \sin\frac{2\pi(4n+1)}{8M}$$

$$a2(n) = \cos\frac{2\pi(4n+3)}{8M}, \quad a3(n) = \sin\frac{2\pi(4n+3)}{8M}$$

$$n = 0, 1, 2, \cdots\cdots, M/2-1.$$

【００６３】

【数３０】

ステップ５：ｙ１（ｎ）から、次式を計算してｙ（ｎ）を求め、ＭＤＣＴの逆変換結果とする。

$$y(n) = \begin{cases} -y1(n-3M/2) & (3M/2 \leq n \leq 2M-1) \\ -y1(3M/2-1-n) & (M/2 \leq n \leq 3M/2-1) \\ y1(n+M/2) & (0 \leq n \leq M/2-1) \end{cases}$$

【００６４】図７は、図２に示したＭＤＣＴの逆変換のステップを実行する装置のブロック図である。図７において第１の中間データ発生部５は、入力データＸ（ｋ）から、（数２３）に表現されるＵ（ｋ）を計算して出力する。第２の中間データ発生部６は第１の中間データ発生部５の出力したＵ（ｋ）から（数２７）を計算してＺ（ｋ）を出力する。ＦＦＴ実行部７は、第２の中間データ発生部６の出力したＺ（ｋ）に対して高速フーリエ変換を実行して結果をｚ（ｎ）として出力する。第３の中間データ発生部８はＦＦＴ実行部７の出力ｚ（ｎ）から、（数２９）を実行して第３の中間データであるｙ１（ｎ）を求めて出力する。展開部９は第３の中間データ発生部８の出力ｙ１（ｎ）を、（数３０）に従って並べ変え、或いは負号反転してｙ（ｎ）を求めて出力する。この展開部９の出力を入力データＸ（ｋ）のＭＤＣＴ逆変換とする。

【００６５】以上、述べてきたようにＭＤＣＴの順変換及び逆変換は、本発明を用いて効率的に計算することができる。

【００６６】

【発明の効果】例えば（数５）において、Ｍ＝２５６とすれば、ＭＤＣＴの順変換において必要な乗算回数は、５１２×２５６＝１３１０７２回、加算回数は５１１×２５６＝１３０８１６回となり、膨大な計算が必要である。しかし本発明の高速計算法によれば、ＭＤＣＴの順変換における各ステップに必要な演算回数はつぎのようになる。

【００６７】（ステップ１の演算回数）加算　Ｍ＝２５６回

（ステップ２の演算回数）複素数どうしのかけ算であるので、実数部と虚数部それぞれを求めるのに、Ｍ回の乗算とＭ／２回の加算が必要。従って、

加算　Ｍ＝２５６回

乗算　２Ｍ＝５１２回

（ステップ３の演算回数）Ｍ／２点のＦＦＴは、（Ｍ／２）・log_2Ｍ回のバタフライ演算を要する。従ってＭ＝２５６では、１０２４回のバタフライ演算が必要である。１回のバタフライ演算には２回の複素加算と１回の複素乗算が含まれるので、これは実数演算に直すと加算６回と乗算４回であるので、総計としては、

加算　１０２４×６＝６１４４回

乗算　１０２４×４＝４０９６回

（ステップ４の演算回数）（２／Ｍ）Ａ０（ｋ）～（２／Ｍ）Ａ３（ｋ）は、予め計算しテーブルとして用意できるので１つのＸ（ｋ）に対しては、乗算２回と加算１回が必要である。従って、

加算　２５６回

乗算　５１２回

これらを計算すると、ＭＤＣＴの順変換として必要な計算量は、加算が６９１２回、乗算が５１２０回となり、乗算及び加算ともに演算回数が約２５分の１に削減される。ＭＤＣＴの逆変換においても同様に大幅に演算回数が削減される。

【００６８】このように本発明によれば、ＭＤＣＴの計算を非常に効率よく実行することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施例のＭＤＣＴの順変換計算手順流れ図

【図２】本発明の実施例のＭＤＣＴの逆変換計算手順流れ図

【図３】（数７）の説明図

【図４】（数６）の説明図

【図５】（数３０）の説明図

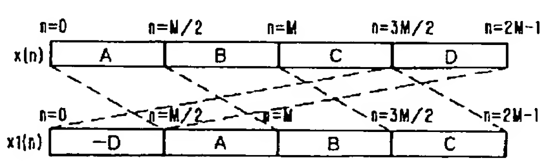
【図６】本発明の実施例のＭＤＣＴの順変換装置のブロック図

【図７】本発明の実施例のＭＤＣＴの逆変換装置のブロック図

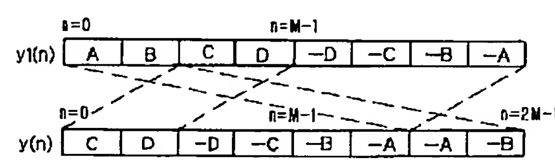
【符号の説明】

１　第１の中間データ発生部
２　第２の中間データ発生部
３　ＦＦＴ実行部
４　展開部
５　第１の中間データ発生部
６　第２の中間データ発生部
７　ＦＦＴ実行部
８　第３の中間データ発生部
９　展開部

【図３】



【図５】



【図４】

	0≤n≤M/4-1	M/4≤n≤M/2-1	M/2≤n≤3M/4-1	3M/4≤n≤M-1
x1(2n)	-x(3M/2+2n)	x(2n-M/2)		
x1(2M-1-2n)	x(3M/2-1-2n)			-x(7M/2-1-2n)
x2(n)	-x(3M/2+2n) -x(3M/2-1-2n)	x(2n-M/2)-x(3M/2-1-2n)		x(2n-M/2) +x(7M/2-1-2n)

【図1】

ステップ1

2M個の入力データX(n)からM個のx2(n)を求める。

$$x2(n)=\begin{cases}-x(3M/2+2n)-x(3M/2-1-2n) & 0 \leqq n \leqq M/4-1 \\ x(2n-M/2)-x(3M/2-1-2n) & M/4 \leqq n \leqq 3M/4-1 \\ x(2n-M/2)+x(7M/2-1-2n) & 3M4 \leqq n \leqq M-1\end{cases}$$

ステップ2

x2(n)から複素数列z(n)を求める。

$$z(n)=[x2(n)-jx2(n+M/2)]\cdot\exp[-j\frac{\pi n}{M}] \qquad 0 \leqq n \leqq M/2-1$$

ステップ3

z(n)から高速フーリエ変換でZ(k)を求める。

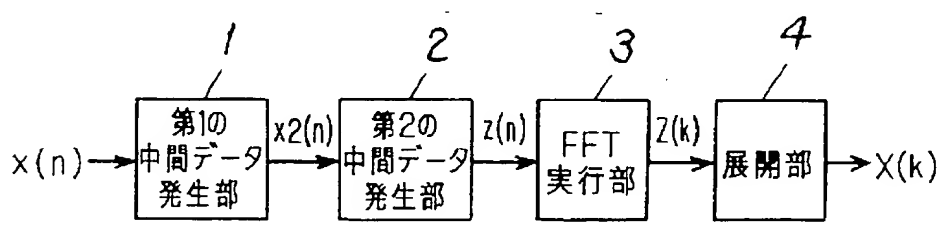
ステップ4

Z(K)からX(k)を求める。

$$X(2k)=\frac{2}{M}\mathrm{Re}\,[\exp(-j\frac{\pi(2k+1/2)}{2M})\cdot Z(k)]$$

$$X(2k+1)=\frac{2}{M}\mathrm{Re}\,[\exp(-j\frac{\pi(2k+3/2)}{2M})\cdot Z^{*}(M/2-1-k)]$$

【図6】



【図2】

ステップ1

M個のスペクトルX(k)から次式に従ってU(k)を求める。

$$U(k)=\begin{cases} X(2k) & 0\leqq k\leqq M/2-1 \\ -X(2M-1-2k) & M/2\leqq k\leqq M-1 \end{cases}$$

↓

ステップ2

U(k)から複素数列Z(k)を求める。

$$Z(k)=[U(k)-jU(k+M/2)]\cdot\exp[-j\frac{\pi k}{M}] \quad 0\leqq k\leqq M/2-1$$

↓

ステップ3

Z(k)から高速フーリエ変換でz(n)を求める。

↓

ステップ4

次式に従いz(n)からy1(n)を求める。

$0\leqq n\leqq M-1$

$$y1(2n)=\mathrm{Re}\ [\exp\{-j\frac{\pi(2n+1/2)}{2M}\}z(n)]$$

$$y1(2n+1)=\mathrm{Re}\ [\exp\{-j\frac{\pi(2n+3/2)}{2M}\}z^{*}(M/2-1-n)]$$

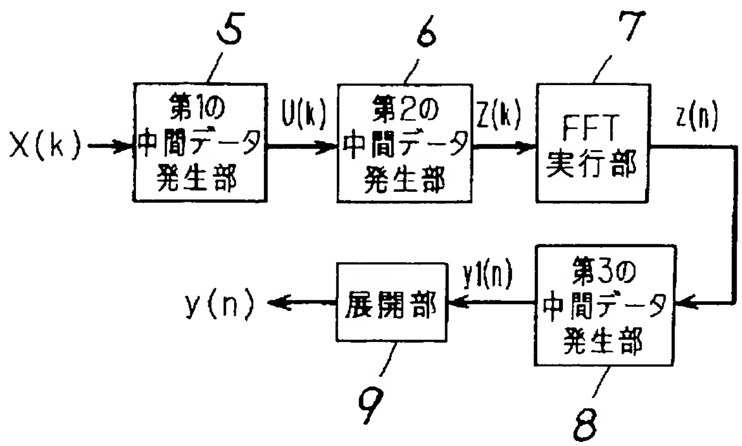
↓

ステップ5

y1(n)からy(n)を求める。

$$y(n)=\begin{cases} -y1(n-3M/2) & 3M/2\leqq n\leqq 2M-1 \\ -y1(3M/2-1-n) & M/2\leqq n\leqq 3M/2-1 \\ y1(n+M/2) & 0\leqq n\leqq M/2-1 \end{cases}$$

【図7】



フロントページの続き

(72)発明者　笠原　哲志
大阪府門真市大字門真1006番地　松下電器
産業株式会社内

JAPANESE [JP,06-232824,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION TECHNICAL PROBLEM MEANS OPERATION EXAMPLE DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Add or subtract the combination of two specific points of 2M point input sample-data x (n) and (0 <=n<=2M-1), or negative-sign inversion is carried out. The 1st interval data occurrence section which obtains 1st interval data x2 (n) of M points, and (0 <=n<=M-1), **** the above-mentioned interval data x2 (n) to the first half and the second half, invert the negative sign of x2 (n+M/2) of the second half, and consider as imaginary part at the same time it makes x2 (n) of the first half into real part, and it multiplies by exp (-jpin/M) further. The 2nd interval data occurrence section which obtains 0 2nd M/2 interval data z (n), and (<=n<=M / 2-1), FFT statement part which gives a fast Fourier transform to interval data z (n) of the above 2nd, and obtains 0 M/2 Fourier-coefficient Z (k), and (<=k<=M / 2-1), By asking for the real part of the multiplication result of output Z (k) of FFT execution means, and the predetermined rotation element corresponding to it By acquiring the even-numbered spectrum of input data x (n), and asking for the real part of the multiplication result of complex-conjugate Z* (M/2-1-k) of output Z (k) of FFT execution means, and the predetermined rotation element corresponding to it Correction cosine-transformation equipment which comes to have the expansion section which outputs the odd-numbered spectrum of input data x (n).

[Claim 2] The even-numbered data of M input spectrum data X (k) and (0 <=k<=M-1) are arranged in the first half (0 <=k<=M / 2-1) of 1st M interval data U (k) and (0 <=k<=M-1). The 1st interval data occurrence section arranged in the second half (M/2 <=k<=M-1) of interval data U (k) of the above 1st after carrying out negative-sign inversion of the odd-numbered data and inverting sequence further, **** interval data U (k) of the above 1st to the first half and the second half, invert the negative sign of U (k+M/2) of the second half, and consider as imaginary part at the same time it makes U (k) of the first half into real part, and it multiplies by exp (-jpik/M) further. The 2nd interval data occurrence section which obtains 0 2nd M/2 interval data Z (k), and (<=k<=M / 2-1), FFT statement part which gives a fast Fourier transform to interval data Z (k) of the above 2nd, and obtains 0 M/2 Fourier-coefficient z (n), and (<=n<=M / 2-1), By asking for the real part of the multiplication result of output z (n) of FFT execution means, and the predetermined rotation element exp (-jpi(2n+1/2)/2M) corresponding to it The even-numbered value of the 3rd interval data y1 (n) is acquired. Moreover, complex-conjugate z* of output z (M/2-1-n) of FFT execution means (M/2-1-n), By asking for the real part of the multiplication result with the predetermined rotation element exp (-jpi-(2n+3/2)/2M) corresponding to it The power inverter of the correction cosine transformation which comes to have the expansion section which puts in order in the predetermined sequence, using twice [every] the 3rd interval data occurrence section which acquires the odd-numbered value of the 3rd interval data y1 (n), and the interval data of the above 3rd, or carries out negative-sign inversion.

[Claim 3] The correction dispersion cosine-transformation technique characterized by performing this conversion by performing each following step in a calculation of a correction dispersion cosine transformation (it abbreviates to MDCT).

[Equation 1]

ステップ１：２Ｍ個の入力サンプルデータｘ（ｎ）（０≦ｎ≦２Ｍ－１）より、次式を計算しｘ２（ｎ）を求める。

$$x2(n) = \begin{cases} -x(3M/2+2n)-x(3M/2-1-2n) & (0 \leq n \leq M/4-1) \\ x(2n-M/2)-x(3M/2-1-2n) & (M/4 \leq n \leq 3M/4-1) \\ x(2n-M/2)-x(7M/2-1-2n) & (3M/4 \leq n \leq M-1) \end{cases}$$

ステップ２：ステップ１で求めたｘ２（ｎ）から次式を計算し、Ｚ（ｎ）を求める。（但しｊ＝$\sqrt{-1}$である）

$$z(n) = [x2(n)-jx2(n+M/2)]\cdot\exp[-j\frac{\pi n}{M}] \quad (0 \leq n \leq M/2-1)$$

ステップ３：ステップ２で求めたｚ（ｎ）に対して、次式に示す離散フーリエ変換を高速フーリエ変換アルゴリズムを用いて計算し、Ｚ（ｋ）を求める。

$$Z(k) = \sum_{n=0}^{M/2-1} z(n)\exp(-j\frac{2\pi kn}{M/2}) \quad (0 \leq k \leq M/2-1)$$

ステップ４：ステップ３で求めたＺ（ｋ）から、次式を計算してＸ（ｋ）を求め、ＭＤＣＴの変換結果とする。（但しＲｅ［ｘ］はｘの実数部を表し、＊は複素共役を表す）

$$X(2k) = \frac{2}{M}\mathrm{Re}[\exp(-j\frac{\pi(2k+1/2)}{2M})\cdot Z(k)]$$

$$X(2k+1) = \frac{2}{M}\mathrm{Re}[\exp(-j\frac{\pi(2k+3/2)}{2M})\cdot Z^*(M/2-1-k)]$$

[Claim 4] The inverse-transformation technique of the correction dispersion cosine transformation characterized by performing this inverse transformation by performing each following step in an inverse-transformation calculation of a correction dispersion cosine transformation (it abbreviates to MDCT).

[Equation 2]

ステップ１：Ｍ個のスペクトルＸ（ｋ）から次式を計算して中間データＵ（ｋ）を求める。

$$U(k) = \begin{cases} X(2k) & (0 \leq k \leq M/2-1) \\ -X(2M-1-2k) & (M/2 \leq k \leq M-1) \end{cases}$$

ステップ２：ステップ１で求めたＵ（ｋ）から、次式を計算してＺ（ｋ）を求める。

$$Z(k) = [U(k)-jU(k+M/2)]\cdot\exp[-j\frac{\pi k}{M}] \quad (0 \leq k \leq M/2-1)$$

ステップ３：Ｚ（ｋ）に対して次式に示す離散フーリエ変換を高速フーリエ変換アルゴリズムを用いて計算しｚ（ｎ）を求める。

M/2-1 2πnk

$$z(n) = \sum_{n=0}^{M/2-1} Z(k)\exp\left(-j\frac{2\pi nk}{M/2}\right)$$

ステップ4：z（n）から次式を計算して中間データy1（n）を求める。
（但しRe［x］はxの実数部を表し、＊は複素共役を表す）
$0 \leqq n \leqq M-1$ に対して

$$y1(2n) = \mathrm{Re}\left[\exp\left\{-j\frac{\pi(2n+1/2)}{2M}\right\} z(n)\right]$$

$$y1(2n+1) = \mathrm{Re}\left[\exp\left\{-j\frac{\pi(2n+3/2)}{2M}\right\} z^*(M/2-1-n)\right]$$

ステップ5：y1（n）から、次式を計算してy（n）を求め、MDCTの逆変換結果とする。

$$y(n) = \begin{cases} -y1(n-3M/2) & (3M/2 \leqq n \leqq 2M-1) \\ -y1(3M/2-1-n) & (M/2 \leqq n \leqq 3M/2-1) \\ y1(n+M/2) & (0 \leqq n \leqq M/2-1) \end{cases}$$

[Translation done.]